

Shrink Wrapping M/C 개발에 관한연구

이춘만(창원대 기계설계공학과), 송인성*(창원대 대학원 기계설계공학과)

A Study on the Development of Shrink Wrapping M/C

C. M. Lee(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept. , Changwon National Univ.), I. S. Song*(Mech. Design & Manuf. Eng. Dept. , Changwon National Univ.)

ABSTRACT

This study presents development of a machine for shrink wrapping of cans or drink bottles with thermoplastic films. The accurate position-control, the safety factor of chains, the reduction-ratio of the chain and gear, the appropriate heating temperature for banding vinyl are discussed for the optimum shrink wrapping M/C design

Key Words : Shrink wrapping (수축 포장), Thermoplastic films (열가소성 필름), Position-control (위치제어), Reduction-ratio (감속비), heating temperature (가열온도)

1. 서론

최근 음료제품의 소량단위 포장에 대한 수요는 점점 증가추세에 있고 종전 음료제품 제조공장의 대량생산 시스템 하에서는 연속공정으로부터 Can(깡통) 및 Bottle(병)의 음료제품을 24개로 정량화 하여 플라스틱 및 나무상자에 담아 소매점까지 운반 유통하는 것이 통례였다. 하지만, 근래 소비자들의 소량구매에 따른 소단위 포장에 대한 요구가 증대함에 따라 국내 식품음료 제조회사들도 소량단위 포장기계 설치에 대한 필요성이 더욱 높아져가고 있다. 또한, 나무상자 또는 플라스틱상자에 대한 비용지출과 회수의 어려움으로 인해 Can 혹은 Bottle류의 포장에는 종이박스 및 비닐필름 포장형태가 점점 증가해가고 있다. 그러나, 비닐 포장기는 국산화된 것이 없고 국내 몇몇 우수 음료수메이커에서 선진국의 소단위 자동포장기를 수입사용하고 있으며 그나마 고장이 나거나 생산수량변동에 따른 포장속도 조절을 위

해 제어장치 조작시 조작의 번거로움과 고장으로 인한 외국기술자 초청시 장시간 생산라인의 중단과 고가의 수리비로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서, 소량단위 포장수요에 대해 만족할만한 국산 자동포장기를 공급하고 외국산 포장기의 사용에 따른 불편을 해소하기 위해 국산 고속자동포장기 개발이 시급한 실정이다.

본 논문에서는 제품포장시 비닐의 정확한 위치제어와 체인의 안전율, 체인과 기어의 감속비 그리고, 비닐접착시 접촉에 알맞은 가열온도와 각 part별 구조해석에 따른 설계변수를 고려한 최적의 Shrink wrapping M/C설계에 관하여 기술하였다.

2. Shrink wrapping M/C의 구성

본 연구에서 개발된 Shrink wrapping M/C는 크게 3가지 시스템의 조합으로 구성되어 있다. 즉 비닐필름의 공급 및 소요크기의 절단 장치와 제품을 감지하고 자동 포장하는 장치 그리고 포장 후 열풍에 의

한 비닐필름 접착과 냉풍에 의한 포장 탄력을 주는 장치로 구성되어 있다. Fig. 1 은 Shrink wrapping M/C 개략도 이다.

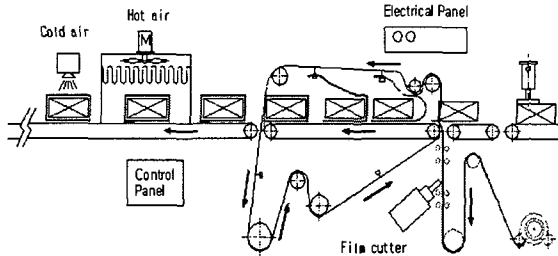


Fig. 1 Process drawing (Shrink wrapping M/C)

2.1 비닐필름 절단 장치

제품의 포장에 사용되는 비닐필름을 일정한 길이로 잘라 Wrapping part에 전달하는 부분으로 포토센서와 PLC로 제어하며 에어 실린더를 이용하여 순간적으로 비닐필름을 절단한다.

2.2 Wrapping 장치

Wrapping part는 정렬된 제품을 비닐필름으로 감싸주는 부분으로 Shrink wrapping M/C에서 가장 중요한 장치이다. 포장원리는 제품이 Wrapping 장치 내에서 컨베이어를 통해 이송하는 동안 컨베이어의 속도보다 빠르게 이동하는 두 개의 체인에 Wrapping-bar를 부착시키고 비닐필름을 걸어 포장한다. Fig. 2는 Wrapping장치에서 제품이 포장되는 원리를 보여준다.

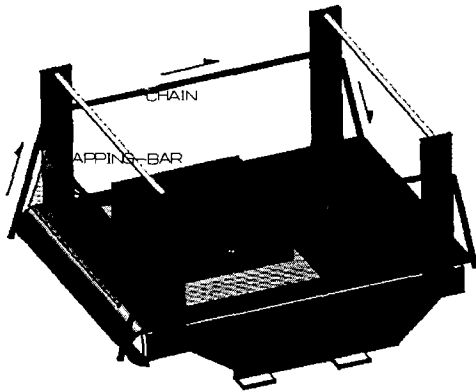


Fig. 2 Wrapping part

2.3 Shrink 장치

Wrapping part에서 비닐필름으로 포장된 제품을 열풍을 이용하여 비닐을 수축시키고 다시 냉풍으로 고정시키는 부분이다. 열풍은 전열기와 팬(Fan)을 이

용하여 Heating tunnel내에서 고온을 유지하게 한다.

3. 구조해석 및 분석

CATIA V5를 이용하여 3차원 모델링 하였다. Shrink wrapping M/C 각 부의 변위와 응력 및 안전율을 계산하여 설계조건에 충족여부를 검토하였고 동적 모드해석을 수행하여 공진 영역과 채터 진동 주파수 대역을 조사하였다. 최대한 실물에 근접하게 모델링 하여 연산에러를 줄이고자 노력하였다.

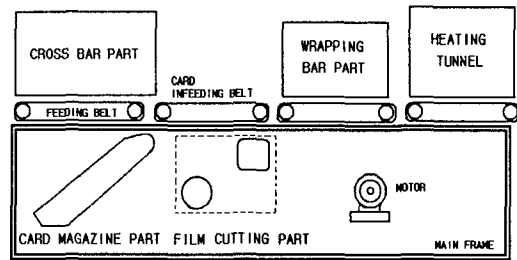


Fig. 3 Detail drawing (Shrink wrapping M/C)

3.1.1 Main frame

Fig. 4는 Frame에 Cross-bar part와 Wrapping-bar part의 하중과 자중만을 주어 해석하였다. Fig. 4에서 보는바와 같이 최대 변위가 발생하는 부분은 Wrapping-bar part가 있는 왼쪽 앞부분이다.

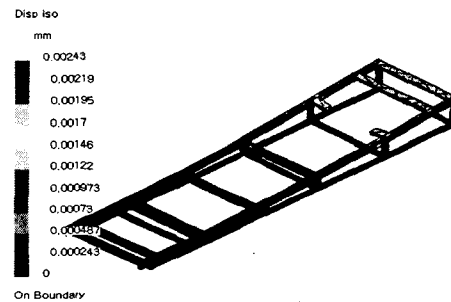


Fig. 4 Analysis result of static displacement (Frame)

Table 1 A result of static analysis (Frame)

구조물 X축 길이[mm]	최대변위 [mm]	최대응력 [Mpa]	안전율
5,200	0.00243	0.884	231.9

Table 1에서 보는 바와 같이 최대변위는 0.00243, 최대응력은 0.581이고 안전율은 231.9로 본 M/C의 Frame이 안전함을 알 수 있다.

Table 2 A result of dynamic analysis (Frame)

Mode number	Frequency [Hz]	Mode number	Frequency [Hz]
1	2.7807e+002	6	6.6381e+002
2	3.0874e+002	7	7.4770e+002
3	4.1230e+002	8	7.4940e+002
4	5.0297e+002	9	8.2085e+002
5	5.4412e+002	10	9.5273e+002

본 M/C의 최대 진동수는 252Hz이다. Table 2에서 Frame의 동적해석 결과로 볼 때 Frame에 변형이 없음을 알 수 있다.

3.1.2 Cross-bar Part

Fig. 5와 같이 Cross-bar Part에 최대 변위가 발생하는 부분은 구조물의 중앙 부분이다. 정적해석의 결과는 Table 3과 같이 안전함을 알 수 있다.

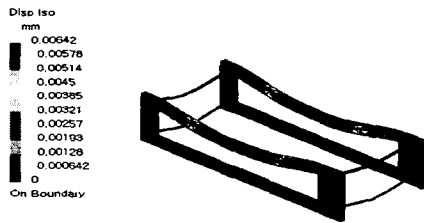


Fig. 5 Analysis result of static displacement (Cross-bar)

Table 3 A result of static analysis (Cross-bar)

구조물 X축 길이[mm]	최대변위 [mm]	최대응력 [Mpa]	안전율
1,910	0.00642	0.581	351.1

Table 4 A result of dynamic analysis (Cross-bar)

Mode number	Frequency [Hz]	Mode number	Frequency [Hz]
1	9.5222e+001	6	2.5586e+002
2	1.2294e+002	7	3.0341e+002
3	1.8954e+002	8	3.2155e+002
4	2.2238e+002	9	3.2540e+002
5	2.2258e+002	10	3.4148e+002

Cross-bar Part에 1차에서 5차까지의 고유진동모드가 일어남을 Table 4를 통해 확인 할 수 있으나 실제 M/C 작동시 포장공정에는 크게 영향을 미치지 못하였다.

3.1.3 Wrapping bar part

Fig. 6에서와 같이 최대변위가 발생하는 부분은

지지대가 있는 부분이다. 정적해석결과 Table 5와 같이 안전함을 알 수 있으며 또, Table 6에서와 같이 Wrapping-bar part에서도 고유진동모드가 일어나지만 포장공정에는 크게 영향을 미치지 못하였다.

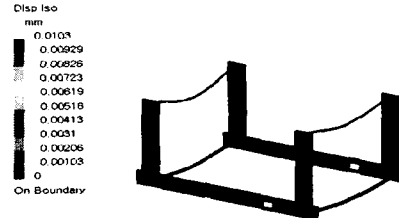


Fig. 6 Analysis result of static displacement (Wrapping-bar)

Table 5 A result of static analysis (Wrapping-bar)

구조물 X축 길이[mm]	최대변위 [mm]	최대응력 [Mpa]	안전율
1,006	0.0103	0.908	224.6

Table 6 A result of dynamic analysis (Wrapping-bar)

Mode number	Frequency [Hz]	Mode number	Frequency [Hz]
1	9.7131e+001	6	2.1461e+002
2	9.8692e+001	7	2.3327e+002
3	1.7588e+002	8	2.7220e+002
4	1.9271e+002	9	2.7902e+002
5	2.1369e+002	10	2.8214e+002

3.2.1 이송부분 감속비 계산

본 M/C은 체인과 스프로킷을 이용하여 하나의 모터로 각 part에 동력을 전달한다. 각 part별 감속비와 속도를 Table 7에 나타내었다.

Table 7 Reduction gear ratio

PART	하중 (Kg)	스프로킷	감속비	마찰율	속도 (m/min)
MOTOR			36/39		
CROSS BAR	50.6	φ111.55	39/34	0.32	26.67
INFEEING BELT	38+9	φ134	20/37	0.35	27.1
CARD INFEEING BELT	64	φ137.45	39/34	0.31	26.67
WRAPPING BELT PART	34.2	φ137	39/34	0.31	26.67
WRAPPING BAR PART	15	φ131.7	32/16		69.34
CARD FEEDING BELT	10	φ121.62	39/34		26.67

3.2.2 체인의 안전을 계산

체인에 작용하는 장력은 실험식에 의해 수송물을 컨베이어에 올려서 운반하는 경우

$$T_c = (W + 2.1 MC) f \quad (1)$$

이고, 수송물을 밀어서 운반하는 경우는

$$T_w = (16.7 \frac{Q}{S} f + 2.1 M f) C \quad (2)$$

이다.

T = 체인에 작용하는 최대장력 (kg)

Q = 최대수송량 (t/h)

$$= 35\text{BOX}/\text{min} \times 10\text{kg}/\text{BOX} \times 60\text{min}$$

$$= 21 \text{ (t/h)}$$

S = 수송속도(체인속도) (m/min)

C = 스프로킷 중심거리 (m)

M = 운동부의 중량 (kg/m)

f = 체인과 가이드레일 사이의 마찰계수

또, 체인의 안전율은

$$\text{안전율} = \frac{\text{파단강도}}{\text{체인장력} \times 1.1 \text{ (사용계수)}} \quad (3)$$

이다.

위 식을 이용하여 Cross-bar part의 장력을 계산하면 수송물을 밀어 운반하는 경우이므로 식 (2)에 의해 체인에 작용하는 최대장력은 66.1kg이 되고, 이 계산결과와 본 M/C에 사용된 체인의 파단강도를 식 (3)에 대입하면 안전율이 44.02로 안전함을 알 수 있다. Table 8은 각 part별 사용된 체인의 파단강도와 안전율 계산결과를 나타낸 것이다.

Table 8 Result of safety factor (chain)

PART	Q (t/h)	S (m/min)	M (kg/m)	C (m)	f	체인의 파단력 (kg·f)	안전율
CROSS-BAR	21	26.67	50.6	1.73	0.32	RS50×1열 3200	44.02
WRAPPING BAR	21	67.34	15	0.85	0.31	RS50×1열 3200	300.75
CARD INFEDING BELT	21	26.67	64	1.8	0.31	RS50×2열 6400	69
HEATING TUNNEL	21	27	68.4	2	0.35	RS50×1열 3200	26.34

3.2.3 Heating Tunnel의 열량계산

제품포장에 사용된 비닐필름이 포장에 가장 적합한 상태의 온도, 즉, 가열온도가 너무 높아 비닐필름이 녹아 제품에 달라붙지 않는 상태가 되는 온도로 실험에 의해 350℃ 전후에서 가장 적합하였다. Heating tunnel은 전열기(Electric heater)를 사용하였고 크기는 W850(mm) × H850(mm) × L2000(mm)이다.

열량을 식 (4)로 계산하였고 계산결과 에너지를 고려하여 36kW가 가장 적합하였다.

$$\text{필요용량(kW)} = \text{체적} (\text{mm}^3) \times \text{온도} (\text{요구온도} - \text{상온}) \times 1/860 \text{ (1kW 전열온도)} \quad (4)$$

4. 결론

Can/Bottle 음료제품을 분당 35 Box 이상을 비닐 필름으로 자동 포장하는 Shrink wrapping M/C를 개발하였다.

- (1) 본 M/C은 정확한 감속비를 계산하여 체인과 스프로킷을 이용한 하나의 모터로 각 part에 동력을 전달하므로 여러개의 모터로 구동하는 선진국의 포장기에 비해 효율이 더 나올 것으로 기대된다.
- (2) 포토센서와 PLC로 제어하고 에어 실린더를 이용하여 순간적으로 포장에 사용되는 비닐필름을 절단하는 Film cutting 장치 개발로 포장기 뿐만 아니라 일반적인 산업기계등에 응용이 가능할 것으로 기대된다.
- (3) 체인과 Wrapping-bar에 의한 자동포장기 기술 개발로 포장속도가 선진국보다 더 빠른 Shrink wrapping M/C를 개발하였으며, 이는 국내뿐만 아니라 국제적으로 경쟁력이 있는 제품으로 수입 대체는 물론 수출도 확대되므로 무역수지 개선에 일조 할 것으로 기대된다.

후기

본 논문은 한국과학재단 지정 창원대학교 공작기 계기술연구센터와 (주)한마음테크의 연구비 지원에 의해 수행되었으며 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Daryl L. Logan, "A First Course in the Finite Element Method - Third Edition", Brooks/Cole, 2001.
2. 손창현, "유한 요소 해석 입문과 선형 해석", 도서출판 계림, 1999.
3. 고재용, "Ansys와 유한 요소법", 시그마 프레스, 2001.
4. (주)퓨전테크/(주)CIES, "CATIA V5 이론에서 실기까지", 용보출판사, 2001.
5. 이석순, 황영진, "PC로 배우는 CATIA V5", 배영사, 2000.